



**Pontificia Universidad
Católica del Ecuador**

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
SEDE MANABÍ**

CARRERA DE BIOLOGÍA

TRABAJO DE TITULACIÓN

**PRODUCTIVIDAD PRIMARIA E HIDROLOGÍA DE LOS
ESTUARIOS DE LOS RÍOS CHONE Y PORTOVIEJO**

**PREVIO AL TÍTULO DE
BIÓLOGA**

AUTORA

JOELEENA MARIA MOGRO LOOR

TUTOR

GABRIEL MODESTO DURÁN COBO. M.Sc.

MANTA, FEBRERO DE 2025

Certificación

En mi calidad de tutor del trabajo de integración curricular, certifico haber revisado el presente manuscrito de investigación, el mismo que se ajusta a las normas vigentes de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Manabí, cumpliendo los requisitos establecidos por la Dirección de Investigación; en consecuencia, es apto para su presentación y sustentación.

Gabriel Modesto Durán Cobo, *M. Sc.*

Director del trabajo de titulación

C. C.: 0928838143

Aprobación del tribunal

El jurado examinador, aprueba el presente manuscrito de investigación en nombre de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Sede Manabí.

Evelyn Arias Cedeño, *M. Sc.*

Francisco Pozo Miranda, *M. Sc.*

Gabriel Modesto Durán Cobo, *M. Sc.*

Declaración de originalidad

Este manuscrito no contiene ningún tipo de material que ha sido aceptado para la obtención de un título universitario en otra institución, excepto en forma de información de soporte que ha sido debidamente citada en mi trabajo. Este trabajo es de total responsabilidad de autor, quien declara bajo juramento que ninguna sección de este trabajo de integración curricular infringe los derechos de autor de nadie.

Joeleeana María Mogro Loor

CI: 1315954022

Teléfono: 096-962-9661

joeleeana2@gmail.com

Declaración de derechos de autor y co-autoría

Autorizo a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador a distribuir este manuscrito de investigación en medios físicos y electrónicos con el fin de promover la divulgación de mis resultados a la comunidad científica y a la sociedad en general. Adicionalmente autorizo el uso de los contenidos de esta investigación como bibliografía para fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, citando como fuente de información al autor de este trabajo.

Joeleeana María Mogro Loor

CI: 1315954022

Dedicatoria

Este trabajo de titulación lo dedico con todo mi cariño y gratitud a todas las personas que han sido mi fortaleza y motivación a lo largo de este camino.

A Dios, por ser mi guía, por darme la salud y la sabiduría para avanzar a lo largo de este proceso. Agradezco por las bendiciones recibidas, por la fortaleza, el conocimiento y la oportunidad de haber culminado esta etapa con éxito.

A mi mamá, Ana María Loor, por ser el pilar de mi vida, por su amor incondicional, por cada sacrificio que ha hecho para que yo lograra alcanzar mis sueños. Tus palabras de aliento, tu fuerza y tu ejemplo han sido mi mayor inspiración. Este logro es tanto tuyo como mío, porque sin ti no habría llegado hasta aquí. No tengo suficientes palabras para expresar cuánto valoro tu presencia y apoyo en esta etapa tan importante de mi vida.

A mi papá, Lee Joe Mogro Alvarado, por su constante apoyo en cada paso que doy, por enseñarme el valor del esfuerzo y la dedicación, convirtiéndose en un ejemplo constante de superación. Gracias por creer siempre en mí, por impulsarme a superar cada obstáculo y por estar presente en cada momento importante de mi vida. Tu sabiduría y guía han sido fundamentales para alcanzar este logro.

A mis hermanos, Lee Joe y Joe Lee Mogro Loor, por estar siempre a mi lado, por sus consejos, ayuda, enseñanzas y apoyo en cada paso de mi vida y por creer en mí. Este logro no hubiera sido posible sin el respaldo de cada uno de ustedes, que me impulsaron a continuar incluso cuando el camino se hacía cuesta arriba.

A mi pareja, Carlos Daniel Tafur, por su amor, paciencia y apoyo incondicional a lo largo de todo este proceso. Gracias por estar a mi lado en los momentos de incertidumbre y cansancio, y por brindarme tu ayuda y compañía en esta etapa.

Agradecimiento

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que, de una u otra manera, contribuyeron a la realización de este trabajo.

En especial, agradezco a mi tutor, Gabriel Durán Cobo, por su invaluable guía y apoyo a lo largo de este proyecto. Su dedicación, experiencia y paciencia fueron fundamentales para que pudiera desarrollar esta investigación con éxito. Gracias por estar disponible en todo momento para aclarar dudas, por brindarme consejos cuando más los necesitaba y por impulsarme a seguir adelante en los momentos más desafiantes. Sus aportes han dejado una huella profunda en mi formación y en este trabajo.

A mis docentes, quienes con su paciencia, dedicación y vasto conocimiento me guiaron a lo largo de esta travesía académica. Cada uno de ustedes ha dejado una marca significativa en mi formación, y no puedo dejar de agradecerles por sus incansables esfuerzos por transmitir el conocimiento con pasión y entrega. Gracias por cada lección, cada consejo y por motivarme a buscar siempre la excelencia. Su compromiso con la enseñanza no solo me ha formado como profesional, sino que me ha inspirado a ser una mejor persona.

A mis compañeros de clase, por su colaboración a lo largo de estos años de estudio. Los momentos compartidos en equipo fueron fundamentales para el desarrollo de mi aprendizaje en general.

Finalmente, agradezco a la universidad, por brindarme un entorno propicio para mi crecimiento académico y profesional. Agradezco a esta institución por ofrecerme las herramientas, los recursos y las oportunidades que me permitieron desarrollar este trabajo con éxito

Resumen

Los estuarios son ecosistemas de transición entre sistemas fluviales y marinos, altamente productivos, con un rol fundamental en la regulación de ciclos biogeoquímicos. Por ello el presente estudio observacional, tiene como propósito investigar y comparar la productividad primaria e hidrología de los estuarios de los ríos Chone y Portoviejo, analizando cómo ésta influye en su productividad. En cada estuario se realizaron muestreos, en diciembre de 2023 (pleamar, cuadratura) y enero de 2024 (bajamar, sicigia). La productividad primaria neta (*PPN*), bruta (*PPB*) y la tasa de respiración (*R*) se determinaron en campo mediante el método de las botellas claras y oscuras, además las variables salinidad, pH, turbidez, temperatura y oxígeno disuelto; mientras en laboratorio los nutrientes e iones. En el estuario del río Chone hubo mayores niveles de *PPN*, *PPB* y *R* durante el segundo muestreo coincidiendo con aumento de las concentraciones de fosfatos, Mg^{+2} , HCO_3^- , alcalinidad y temperatura del agua, mientras las demás variables descendían. En el estuario del río Portoviejo la *PPN* y *PPB* decrecieron mientras *R*, los nutrientes, turbidez, alcalinidad y bicarbonatos aumentaban con respecto al muestreo de diciembre. Durante enero la salinidad decreció considerablemente en ambos estuarios. Existieron diferencias significativas ($p < 0,05$) en los valores de *R* del río Chone y *PPB* del río Portoviejo obtenidos en diciembre 23 y en enero 24, y los valores de *PPB* y de *PPN* de ambos ríos. De estos resultados se concluye que la productividad primaria y respiración de ambos estuarios es influenciada por variaciones hidrológicas como los niveles de fosfatos.

Palabras clave: Productividad primaria, hidrología, estuarios, río Chone, río Portoviejo

Abstract

This observational study aimed to investigate and compare the primary productivity and hydrology of the Chone and Portoviejo estuaries, analyzing how these influence their productivity. Sampling was conducted in December 2023 (high tide, quadrature) and January 2024 (low tide, syzygy) in both estuaries. Net primary productivity (NPP), gross primary productivity (GPP), and respiration rate (R) were determined in the field using the light and dark bottle method. Additionally, salinity, pH, turbidity, temperature, and dissolved oxygen were measured. In the laboratory, nutrients and ions were analyzed. In the Chone River estuary, higher levels of NPP, GPP, and R were observed during the second sampling, coinciding with increased concentrations of phosphates, Mg^{+2} , HCO_3^- , alkalinity, and water temperature, while other variables decreased. In the Portoviejo River estuary, NPP and GPP decreased while R, nutrients, turbidity, alkalinity, and bicarbonates increased compared to the December sampling. Salinity decreased considerably in both estuaries during January. Significant differences ($p < 0,05$) were found in the R values of the Chone River and the NPP of the Portoviejo River obtained in December 23 and January 24, and in the NPP and GPP values of both rivers. These results conclude that the primary productivity and respiration of both estuaries are influenced by hydrological variations such as phosphate levels.

Keywords: Primary productivity, hydrology, estuaries, Chone River, Portoviejo River

Tabla de Contenidos

1. Introducción	14
2. Metodología	16
2.1. Área de estudio.....	16
2.2. Obtención y manejo de muestras	17
2.2.1. Determinación de variables hidrológicas	17
2.2.2. Determinación de la productividad primaria	18
2.3. Análisis de datos	19
3. Resultados.....	19
3.1. Variables hidrológicas	19
3.2. Productividad primaria neta, bruta y tasa de respiración.....	22
3.2.1. Producción y consumo de oxígeno en el estuario del río Chone.....	22
3.2.2. Producción primaria bruta, neta y tasa de respiración en el estuario del río Chone	23
3.2.3. Producción y consumo de oxígeno en el estuario del río Portoviejo.....	23
3.2.4. Producción primaria bruta, neta y tasa de respiración en el estuario del río Portoviejo	24
3.3. Productividad primaria neta, bruta y tasa de respiración.....	25
3.3.1. Comparaciones de los niveles de PPB, PPN y R de las aguas del estuario del río Chone determinados en diciembre-23 y enero-24	25
3.3.2. Comparaciones de los niveles de PPB, PPN y R de las aguas del estuario del río Portoviejo durante diciembre-23 y enero-24	26
3.3.3. Comparaciones de los niveles de PPB, PPN y R de las aguas de ambos estuarios durante diciembre-23 y enero-24	28
4. Discusión.....	30

5. Conclusiones	33
6. Bibliografía	34

Índice de Tablas

Tabla 1. Variables hidrológicas de los estuarios de los ríos Chone y Portoviejo).....	20
Tabla 2. Variables fisicoquímicas, nutrientes y iones durante una marea de cuadratura (22/12/2023) y una de sicigia (26/01/2024)	21
Tabla 3. Muestreos de Oxígeno disuelto Inicial y Final del estuario del río Chone durante una marea de cuadratura (21/12/2023) y una de sicigia (25/01/2024).....	22
Tabla 4. Muestreos de Oxígeno disuelto Inicial y Final del estuario del río Portoviejo durante una marea de cuadratura (22/12/2023) y una de sicigia (26/01/2024).	24
Tabla 5. Análisis de normalidad mediante la prueba de Shapiro-Wilks de los valores de PPB, PPN y R determinadas en el estuario del río Chone.	26
Tabla 6. Resumen de la prueba T de Student para muestras pareadas.	26
Tabla 7. Análisis de normalidad mediante la prueba de Shapiro-Wilks de los valores de PPB, PPN y R determinadas en el estuario del río Portoviejo.....	27
Tabla 8. Resumen de las pruebas de comparación de PPB, PPN y R presentadas por los estuarios del río Portoviejo en diciembre de 2023.....	27
Tabla 9. Análisis de normalidad (prueba de Shapiro-Wilks) de los valores de PPB, PPN y R de los estuarios de los ríos Chone y Portoviejo.....	28
Tabla 10. Resumen de las comparaciones de las diferencias de PPB, PPN y R presentadas por los estuarios de los ríos Chone y Portoviejo en diciembre de 2023 y en enero de 2024..	29

Índice de Figuras

<i>Figura 1. Ubicación de los puntos de muestreo en los estuarios de los ríos Chone y Portoviejo</i>	16
<i>Figura 2. Niveles de PPB, PPN y R presentados por las aguas del estuario del río Chone durante diciembre de 2023 y enero de 2024.....</i>	23
<i>Figura 3. Niveles de PPB, PPN y R presentados por las aguas del estuario del río Portoviejo durante diciembre de 2023 y enero de 2024.....</i>	25

1. Introducción

En la actualidad, las tres cuartas partes del planeta están cubiertas por ecosistemas marino-costeros, tomando un rol de vital importancia dentro del ciclo de carbono. El ciclo del carbono en los ecosistemas marino-costeros desempeña un papel crucial en la regulación del dióxido de carbono atmosférico y en el mantenimiento del equilibrio climático global. Estos ecosistemas, a través de procesos biogeoquímicos como la fotosíntesis, la respiración y la descomposición, absorben y almacenan grandes cantidades de carbono tanto en forma orgánica como inorgánica (Alongi, 2014). Los estuarios, en particular, son cruciales en este ciclo debido a su alta productividad biológica y su función como zonas de transición entre aguas dulces y marinas (Howard et al., 2017). Aquí, la materia orgánica producida por la vegetación y los microorganismos es procesada y almacenada, contribuyendo significativamente a la captura y almacenamiento de carbono.

La interacción única de los estuarios con sus componentes bióticos y abióticos, como los manglares y los sedimentos, añade complejidad a su papel como sumideros de carbono. Estos ecosistemas no solo capturan y almacenan carbono orgánico en sedimentos durante períodos prolongados, sino que también facilitan la exportación de materia orgánica hacia otros ecosistemas marinos como arrecifes de coral y praderas marinas, donde el carbono continúa almacenándose de manera efectiva (McLeod et al., 2011; Duarte et al., 2020).

La productividad primaria, definida como un proceso de generación de materia orgánica a través de organismos fotosintéticos, desempeña una labor importante para los estuarios, influenciando el traslado de energía en la cadena trófica. Los estudios de la productividad primaria e hidrología en los estuarios de los ríos Chone y Portoviejo son fundamentales para la comprensión y gestión de estos importantes ecosistemas costeros, que

proporcionan hábitats para una infinidad de especies de peces, aves y crustáceos, siendo fuente de sustento y alimentos, importantes en el sector socioeconómico en las comunidades locales (Chapman, 2018).

Al mismo tiempo, la hidrología desempeña un rol fundamental en la dinámica de los estuarios, particularmente en lo que corresponde a la distribución del agua y la importancia en la interacción entre flujos de aguas dulces y saladas (Wolanski, 2017). Otros factores como el régimen de mareas, la aportación de agua dulce y los procesos de sedimentación ayudan a comprender la hidrología de estos ecosistemas, siendo esenciales para mitigar y prever el impacto de alteraciones naturales, además de aportar a su conservación y el uso sostenible (Smith et al., 2019).

Con la finalidad de ahondar en los conocimientos de estos ecosistemas y para proporcionar información importante para una correcta gestión y conservación, el presente estudio se enfocó en examinar la productividad primaria durante marea de sicigia y cuadratura, comparar los cambios en la hidrología y establecer correlaciones entre la productividad primaria y las variables hidrológicas de los estuarios de los ríos Chone y Portoviejo.

2. Metodología

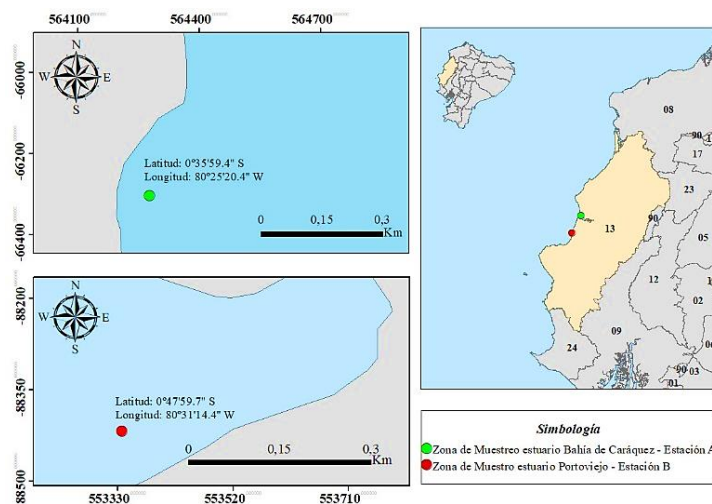
2.1. Área de estudio

El presente estudio se realizó en los estuarios de los ríos Chone frente a Bahía de Caráquez y Portoviejo en el sector La Boca (provincia de Manabí – Ecuador), para lo cual, fueron establecidas en cada sitio dos estaciones de muestreo dispuestas a lo largo de ambos estuarios, en el río Chone a $0^{\circ}35'59.4''$ Lat. S, $80^{\circ}25'20.4''$ Long. O formado por la confluencia de los ríos Carrizal y Chone, con 25 km, situado entre las ciudades de Bahía de Caráquez y San Vicente (Moreno & Ruíz, 2010). ; y en el río Portoviejo a $0^{\circ}47'59.7''$ Lat. S, y $80^{\circ}31'14.4''$ Long. O que circula entre llanuras que forman pronunciados meandros antes de llegar al mar (Ministerio de Ambiente, 2019, como se citó en Reyes, 2015). (figura 1).

A su vez el río Portoviejo Este es un estuario pequeño el cual se clasifica como de planicie costera, a su desembocadura se la conoce con el nombre de La Boca, la cual se encuentra cerca de la población de Las Gilces

Figura 1.

Ubicación de los puntos de muestreo en los estuarios de los ríos Chone y Portoviejo.



2.2. Obtención y manejo de las muestras

En cada estación fueron llevados a cabo dos muestreos, el 21 y el 22 de diciembre de 2023 respectivamente para el río Chone y el sector La Boca, coincidiendo con la temporada de mareas de Cuadratura o Quiebra; y el 25 y 26 de enero de 2024, respectivamente para ambos lugares, coincidiendo con la temporada de mareas de Sicigia o Aguaje.

En cada muestreo fue colectada agua para análisis de variables hidrológicas, utilizando frascos plásticos vírgenes, y botellas para productividad primaria.

2.2.1. Determinación de variables hidrológicas

Durante los muestreos fueron medidas *in situ* las variables hidrológicas: Salinidad; utilizando un refractómetro con compensación de temperatura de la marca Biomarine de $0 - 100 \pm 1$ mg/L de precisión. pH; con un potenciómetro tipo lapicero, marca Hanna HI 98127 de $0,00 - 14,00 \pm 0,1$ de precisión; Oxígeno disuelto; con un oxigenómetro Hanna HI 9146 de $0,00 - 45,00 \pm 0,01$ mg/L. Turbidez; con un disco Secchi, con graduaciones cada 5 centímetros.

Las muestras de agua para los análisis químicos fueron recolectadas utilizando botellas plásticas de polietileno de 500 ml, previamente enjuagadas tres veces con el agua del sitio de muestreo para evitar la contaminación. Las muestras se tomaron directamente en las botellas. Posteriormente, las muestras fueron transportadas al laboratorio de la universidad en las mismas botellas, sin refrigeración para su análisis inmediato. Se analizaron los niveles de amoníaco (NH_3), nitritos (NO_2^-), nitratos (NO_3^-), fosfatos (PO_4^-), calcio (Ca^{+2}), magnesio (Mg^{+2}), bicarbonato (HCO_3^-), utilizando para ello un espectrofotómetro portátil YSI 998 y los kits del equipo, adecuados para aguas estuarinas.

2.2.2. Determinación de la productividad primaria

Se realizó mediante el método de las botellas claras y oscuras, descrito por Gardner y Gran (1927), como se citó en Gocke y Hernández (1994), utilizando 8 botellas de Winkler, de 300 ml de capacidad, la mitad de ellas envueltas en papel aluminio para oscurecer el ambiente, fueron puestas en incubación muestras de agua, con el fin de determinar la producción de oxígeno y respiración del plancton. Incubación se hizo a 27 °C durante 1 hora, siendo medido el oxígeno disuelto al inicio de la incubación, y al final, mediante la sonda polarográfica del oxigenómetro Hanna HI 9146. Los resultados de oxígeno disuelto se expresaron en miligramos de oxígeno por litro (mg O₂/L) y permitieron evaluar la eficiencia de la fotosíntesis y los procesos de respiración en el sistema. La variación de estos valores a lo largo de los estuarios proporciona información valiosa sobre la capacidad del ecosistema para producir oxígeno y la influencia de los factores externos como la turbidez y la salinidad.

La determinación de la productividad primaria requiere conocer la producción bruta (*ppb*), que es igual a la suma de la producción neta (*ppn*) y la respiración (*r*). El cociente de estas cantidades y el tiempo de incubación corresponde entonces a la Productividad primaria bruta (*PPB*), la Producción primaria neta (*PPN*), y la tasa de respiración (*R*), expresados en miligramos de O₂ o CO₂ sobre tiempo ($\frac{mg \text{ de } CO_2}{tiempo}$).

La producción neta se obtuvo a partir de la sustracción de la concentración promedio de oxígeno disuelto determinada en las botellas claras (*BC*) después del periodo de incubación y la concentración determinada antes de iniciar la incubación, de acuerdo con la ecuación 2:

$$\text{ec. 2) } ppn = mgO_{2 \text{ BC post incubación}} - mgO_{2 \text{ BC pre incubación}}$$

La respiración se obtuvo partir de la sustracción de la concentración promedio de oxígeno disuelto determinada en las botellas oscuras (*BO*) después del periodo de incubación y la concentración determinada antes de iniciar la incubación, de acuerdo con la ecuación 3:

$$\text{ec. 3) } r = mgO_2 BC \text{ pre incubación} - mgO_2 BO \text{ post incubación}$$

La producción bruta se obtuvo como la resultante de sumar los valores promedio de la producción y la respiración netas previamente calculadas, de acuerdo con la ecuación 4:

$$\text{ec. 4) } ppb = ppn + r$$

2.3. Análisis de datos

Se realizaron gráficos estadísticos para observar las diferencias de PPN, PPB y R en el estuario del río Chone en diciembre de 2023 y enero de 2024, respectivamente en el río Portoviejo diciembre 2023 y enero 2024.

Se analizó la normalidad de los valores determinados de PPN, PPB y R mediante la prueba de *Shapiro-Wilks*, y posterior a ello se aplicaron las pruebas *T-Student* y *U de Mann-Whitney* con la finalidad de determinar las diferencias presentadas por la PPN, PPB y R en un mismo lugar entre fechas, y entre ambos lugares eran estadísticamente significativas al nivel $\alpha=0,05$.

3. Resultados

3.1. Variables hidrológicas

Durante los muestreos realizados en enero de 2024, se observó que, salinidad, oxígeno disuelto, turbidez y dureza disminuyeron, con respecto a los valores determinados en diciembre del 2023. a esta observación se suma que los valores de nitritos y fosfatos fueron superiores durante enero del 2024. Los iones magnesio y bicarbonato, por otro lado,

aumentaron sus concentraciones, mientras la concentración del calcio disminuyó (tabla 1).

Tabla 1.

Variables hidrológicas de los estuarios de los ríos Chone y Portoviejo.

Datos del muestreo	Muestreo	
	Fecha 21/12/2023	Fecha 25/01/2024
Marea – Tipo	Pleamar - Cuadratura	Bajamar - Sicigia
Variables fisicoquímicas		
<i>Salinidad (g/L)</i>	34	15
<i>Oxígeno disuelto (mg/L)</i>	6,31	5,94
<i>Temperatura (°C)</i>	28,9	29,7
<i>Turbidez (cm)</i>	60	50
<i>pH</i>	8,10	8,32
<i>Alcalinidad total (como mg/L de CaCO₃)</i>	200	220
<i>Dureza cálcica (como mg/L de Ca²)</i>	168	151
Nutrientes (en mg/L)		
<i>Nitrógeno total amoniacal (TAN)</i>	4,9	3,4
<i>Amoniacal (NH₃)</i>	1,7	0,8
<i>Nitritos (NO₂⁻)</i>	<<	0,109
<i>Nitratos (NO₃⁻)</i>	2,725	1,542
<i>Fosfatos (PO₄⁼)</i>	0,23	0,40
Iones (en mg/L)		
<i>Ca⁺²</i>	67	60
<i>Mg⁺²</i>	100	400
<i>HCO₃⁻</i>	200	220

Nota: << los valores presentes en la muestra estaban por debajo del rango de medición de la prueba de análisis que fue aplicada. Estuario del río Chone

Durante los muestreos realizados en enero de 2024, en las aguas del estuario del río Portoviejo se observó que, salinidad, oxígeno disuelto, temperatura, turbidez pH y dureza disminuyeron, con respecto a los valores determinados en diciembre del 2023. a esta

observación se suma que los valores de nitrógeno total amoniacal, amoníaco, nitratos, nitritos y fosfatos fueron superiores. Los iones calcio y magnesio disminuyeron, mientras el bicarbonato aumentó. (tabla 2).

Tabla 2.

Variables fisicoquímicas, nutrientes y iones durante una marea de cuadratura (22/12/2023) y una de sicigia (26/01/2024).

Datos del muestreo	Muestreo	
	Fecha 22/12/2023	Fecha 26/01/2024
Marea – Tipo	Pleamar - Cuadratura	Bajamar - Sicigia
Variables fisicoquímicas		
<i>Salinidad (g/L)</i>	35	5
<i>Oxígeno disuelto (mg/L)</i>	6,33	6,14
<i>Temperatura (°C)</i>	28,7	27,4
<i>Turbidez (cm)</i>	140	20
<i>pH</i>	8,20	8,16
<i>Alcalinidad total (como mg/L de CaCO₃)</i>	65	290
<i>Dureza cálcica (como mg/L de Ca²)</i>	217	<<
Nutrientes (en mg/L)		
<i>Nitrógeno total amoniacal (TAN)</i>	1,7	2,4
<i>Amoniaco (NH₃)</i>	0,60	0,80
<i>Nitritos (NO₂⁻)</i>	0,016	0,600
<i>Nitratos (NO₃⁻)</i>	4,220	5,090
<i>Fosfatos (PO₄⁼)</i>	0,07	2,40
Iones (en mg/L)		
<i>Ca⁺²</i>	87	<<
<i>Mg⁺²</i>	110	48
<i>HCO₃⁻</i>	65	290

Nota: << los valores presentes en la muestra estaban por debajo del rango de medición de la prueba de análisis que fue aplicada. Estuario río Portoviejo

3.2. Productividad primaria neta, bruta y tasa de respiración

3.2.1. Producción y consumo de oxígeno en el estuario del río Chone

La tabla 3 presenta los valores de oxígeno disuelto determinados, previo a la incubación y después de una hora de incubación, durante los muestreos de diciembre del 2023 y enero del 2024 en el estuario del río Chone. En promedio los valores de oxígeno disuelto determinados en las botellas claras, previo a la incubación fueron más bajos en enero que en diciembre y los de oxígeno disuelto posterior a la incubación más altos en enero que en diciembre. En las botellas oscuras los valores promedios de oxígeno disuelto previo a la incubación fueron mayores en diciembre, mientras los valores posteriores a la hora de incubación fueron inferiores en enero.

Tabla 3.

Muestreos de Oxígeno disuelto Inicial y Final del estuario del río Chone durante una marea de cuadratura (21/12/2023) y una de sicigia (25/01/2024).

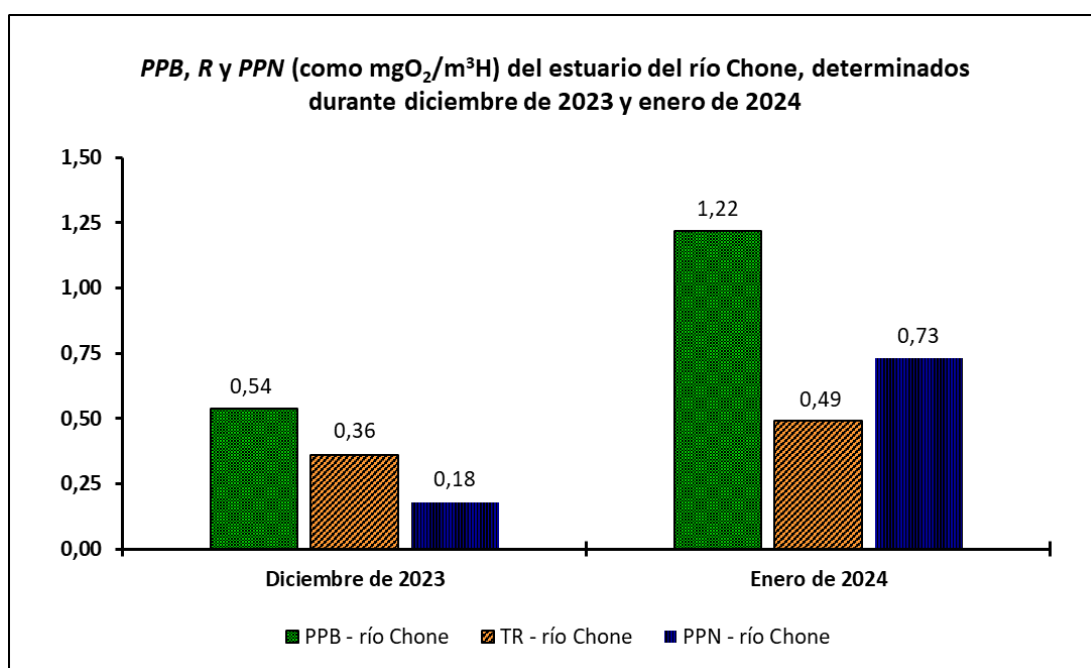
Botella	Muestreo 1 (21-12-2023)		Muestreo 2 (25-01-2024)	
	<i>O₂Inicial</i>	<i>O₂Final</i>	<i>O₂Inicial</i>	<i>O₂Final</i>
<i>Clara 1</i>	5,98	6,17	5,83	6,74
<i>Clara 2</i>	5,98	6,24	5,83	6,92
<i>Clara 3</i>	5,98	6,08	5,83	6,28
<i>Clara 4</i>	5,98	6,18	5,83	6,31
<i>Promedio</i>	5,98	6,16	5,83	6,56
<i>Oscura 1</i>	5,98	5,97	5,83	5,40
<i>Oscura 2</i>	5,98	5,69	5,83	5,53
<i>Oscura 3</i>	5,98	5,28	5,83	5,17
<i>Oscura 4</i>	5,98	5,52	5,83	5,25
<i>Promedio</i>	5,98	5,62	5,83	5,34

3.2.2. Producción primaria bruta, neta, y tasa de respiración en el estuario del río Chone

Debido a que el tiempo de incubación fue de una hora, las diferencias aritméticas de los niveles de oxígeno post incubación y pre-incubación coincidieron con los valores correspondientes a PPB, PPN y R, que se visualizan en la figura 2. Se destaca que durante el muestreo del mes de enero de 2024 se alcanzaron mayores niveles de Productividad y respiración que en el mes de diciembre.

Figura 2.

Niveles de PPB, PPN y R presentados por las aguas del estuario del río Chone durante diciembre de 2023 y enero de 2024.



3.2.3. Producción y consumo de oxígeno en el estuario del río Portoviejo

La tabla 4 presenta los valores de oxígeno disuelto determinados, previo a la incubación y una hora después, durante los muestreos de diciembre del 2023 y enero del

2024 en el estuario del río Portoviejo. En promedio los valores de oxígeno disuelto determinados en las botellas claras, previo a la incubación fueron más bajos en enero que en diciembre y los de oxígeno disuelto posterior a la incubación más altos en enero que en diciembre. En las botellas oscuras los valores promedios de oxígeno disuelto previo a la incubación fueron mayores en diciembre, mientras los valores posteriores a la hora de incubación fueron inferiores en enero.

Tabla 4.

Muestreos de Oxígeno disuelto Inicial y Final del estuario del río Portoviejo durante una marea de cuadratura (22/12/2023) y una de sicigia (26/01/2024).

Botella	Muestreo 1 (22-12-2023)		Muestreo 2 (26-01-2024)	
	<i>O₂Inicial</i>	<i>O₂Final</i>	<i>O₂Inicial</i>	<i>O₂Final</i>
<i>Clara 1</i>	6,15	7,84	6,10	6,26
<i>Clara 2</i>	6,15	6,84	6,10	6,11
<i>Clara 3</i>	6,15	6,18	6,10	6,11
<i>Clara 4</i>	6,15	6,20	6,10	6,27
<i>Promedio</i>	6,15	6,76	6,10	6,18
<i>Oscura 1</i>	6,15	6,00	6,10	5,36
<i>Oscura 2</i>	6,15	5,94	6,10	5,61
<i>Oscura 3</i>	6,15	5,91	6,10	5,71
<i>Oscura 4</i>	6,15	5,86	6,10	5,87
<i>Promedio</i>	6,15	5,92	6,10	5,63

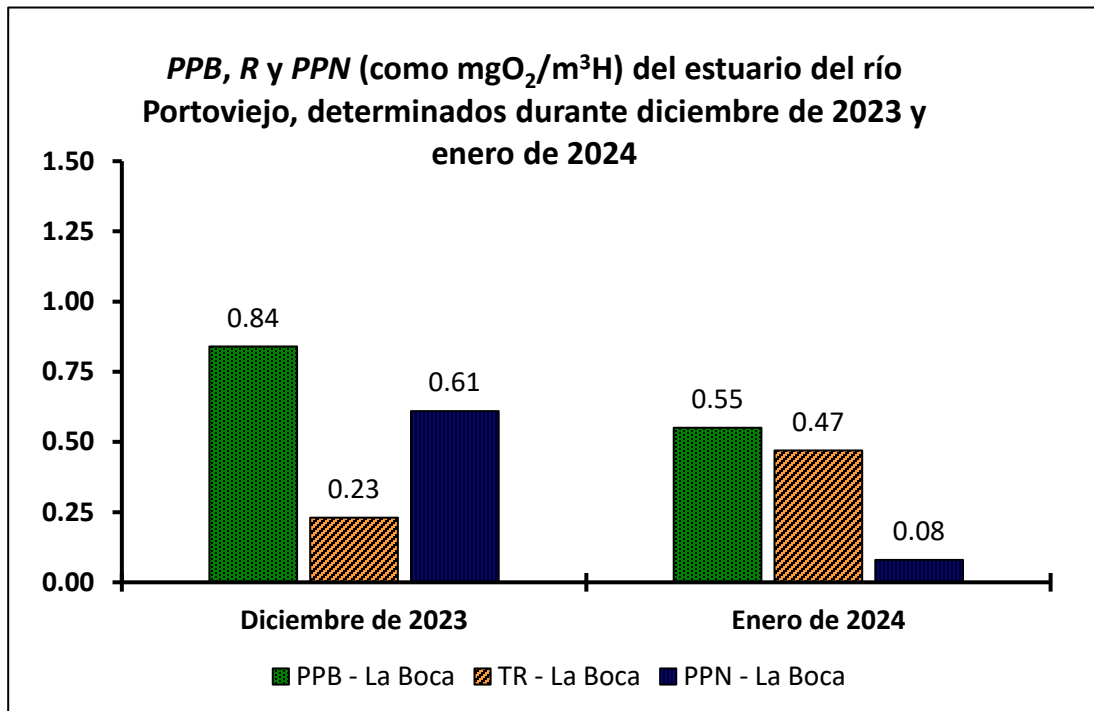
3.2.4. Producción primaria bruta, neta y tasa de respiración en el estuario del río Portoviejo

Al igual que en el río Chone el tiempo de incubación fue de una hora, por lo tanto, las diferencias aritméticas de los niveles de oxígeno post incubación y pre-incubación coincidieron con los valores correspondientes a PPB, PPN y R, que se visualizan en la

figura 3. Se destaca que durante el muestreo del mes de enero de 2024 se alcanzaron menores niveles de Productividad que en el mes de diciembre. La respiración, por el contrario, fue mayor en enero de 2024.

Figura 3.

Niveles de PPB, PPN y R presentados por las aguas del estuario del río Portoviejo durante diciembre de 2023 y enero de 2024.



3.3. Productividad primaria neta, bruta y tasa de respiración

3.3.1. Comparaciones de los niveles de PPB, PPN y R de las aguas del estuario del río Chone determinados en diciembre-23 y enero-24

La aplicación de la prueba de Shapiro-Wilks (tabla 5) a los valores de PPB, PPN y R del estuario del río Chone durante diciembre y enero, demostró que estos presentaban distribución normal ($p \geq 0,05$).

Tabla 5.

Análisis de normalidad mediante la prueba de Shapiro-Wilks de los valores de PPB, PPN y R determinadas en el estuario del río Chone.

Variable	n	Media	D.E.	W*	p
PPB	8	0,89	0,41	0,94	0,6871
PPN	8	0,46	0,36	0,85	0,1329
R	8	0,43	0,23	0,94	0,6814

Posterior a esta prueba, se compararon mediante la prueba *T* de *Student* los valores presentados por la PPB, PPN y presentados por las aguas del estuario (tabla 6), encontrando con un 95% de confiabilidad que las diferencias presentadas en los valores medios de PPB, y respectivamente los de PPN, eran significativos ($p < 0,05$), no así la diferencia de los valores de R ($p \geq 0,05$).

Tabla 6

Resumen de la prueba *T* de *Student* para muestras pareadas.

Variable	Grupo 1	Grupo 2	n (c/grupo)	medias (grupo 1- grupo 2)	Diferencias	Significancia (valor p)
R	Diciembre/23	Enero/24	4	0,36-0,49	-0,13	0,470
PPB	Diciembre/23	Enero/24	4	0,55-1,23	-0,67	0,000
PPN	Diciembre/23	Enero/24	4	0,19-0,73	-0,55	0,040

3.3.2. Comparaciones de los niveles de PPB, PPN y R de las aguas del estuario del río Portoviejo durante diciembre-23 y enero-24

La aplicación de la prueba de Shapiro-Wilks (tabla 7) a los valores de PPB y R del estuario del río Chone durante diciembre y enero, demostró que estos presentaban distribución normal ($p \geq 0,05$), mientras respectivamente los de PPN, son menores ($p < 0,05$).

Tabla 7

Análisis de normalidad mediante la prueba de Shapiro-Wilks de los valores de PPB, PPN y R determinadas en el estuario del río Portoviejo.

Variable	n	Media	D.E.	W*	p
PPB	8	0,69	0,52	0,78	0,0259
PPN	8	0,35	0,59	0,67	<0,0001
R	8	0,34	0,19	0,87	0,2000

Posterior a este análisis, se compararon mediante la prueba *T* de *Student* el valor presentado por R de las aguas del estuario (tabla 8), encontrando con un 95% de confiabilidad que la diferencia presentada en el valor medio de R no era estadísticamente significativa ($p \geq 0,05$). Igualmente, la prueba de *U de Man Whitney* indicó que las diferencias observadas en los valores medios de la PPB de diciembre y de enero, y en los valores medios de la PPN tampoco eran estadísticamente significativos ($p \geq 0,05$).

Tabla 8

Resumen de las pruebas de comparación de PPB, PPN y R presentadas por los estuarios del río Portoviejo en diciembre de 2023.

Variable	Grupo 1	Grupo 2	n (c/grupo)	Prueba	Diferencias	Significancia (valor p)
R	Diciembre/23	Enero/24	4	<i>T de Student</i>	-0,24	0,0735
PPB	Diciembre/23	Enero/24	4	<i>U de Man</i>	0,29	0,3143
PPN	Diciembre/23	Enero/24	4	<i>Whitney</i>	0,53	>0,9999

3.3.3. Comparaciones de los niveles de PPB, PPN y R de las aguas de ambos estuarios durante diciembre-23 y enero-24

Se compararon los niveles de PPB, PPN y R presentados por las aguas de los estuarios de ambos ríos en diciembre de 2023 y en enero de 2024 a través de la prueba de Shapiro-Wilks. encontrando (tabla 9) que solamente los valores de R en ambos estuarios durante diciembre presentaban normalidad, al igual que los valores de PPB y PPN determinados en enero ($p \geq 0,05$).

Tabla 9

Análisis de normalidad (prueba de Shapiro-Wilks) de los valores de PPB, PPN y R de los estuarios de los ríos Chone y Portoviejo.

Variable	n	Media	D.E.	W*	p
PPB-	8	0,35	0,59	0,67	
PPN-	8	0,69	0,52	0,78	0,0259
R-	8	0,34	0,19	0,87	0,2000
PPB-	8	0,46	0,36	0,85	0,1329
PPN-	8	0,89	0,41	0,94	0,6871
R-enero	8	0,43	0,23	0,94	0,6814

Por lo tanto, se hicieron comparaciones de los valores de R del río Chone y del río Portoviejo, determinados en diciembre y en enero mediante la prueba *T* de *Student*, encontrando diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) solamente al comparar: 1) los valores de R del río Chone de diciembre-23 y los valores del río Portoviejo de enero-24; y 2) los valores de la PPB y de la PPN de ambos estuarios, únicamente en enero de 2024. La prueba *U* de *Mann Whitney* indicó que las diferencias observadas en los valores de PPB y PPN determinados en ambos estuarios durante diciembre de 2023 y enero de 2024 no eran estadísticamente ($p \geq 0,05$) significativas (tabla 10).

Tabla 10

Resumen de las comparaciones de las diferencias de PPB, PPN y R, presentadas por los estuarios de los ríos Chone y Portoviejo en diciembre de 2023 y en enero de 2024.

Variable	Grupo 1	Grupo 2	n (c/grupo)	Diferencias	Significancia (valor p)
<i>Prueba T de Student</i>					
R	Chone-diciembre 23	Chone-enero 24	4	-0,14	0,4069
R	Chone-diciembre 23	Portoviejo-enero 24	4	-0,49	0,0193
R	Chone-enero 24	Portoviejo-enero 24	4	-0,49	0,4709
PPB	Chone-enero 24	Portoviejo-enero 24	4	-0,67	0,0045
PPN	Chone-enero 24	Portoviejo-enero 24	4	-0,55	0,0438
<i>Prueba U de Man Whitney</i>					
PPN	Chone-diciembre 23	Portoviejo-diciembre 23	4	0,94	0,3143
PPB	Chone-diciembre 23	Portoviejo-diciembre 23	4	1,53	>0,9999

4. Discusión

La presente tesis se centró en la productividad primaria y la hidrología de los estuarios de los ríos Chone y Portoviejo, considerando factores clave como la salinidad, dureza del agua, la turbidez, la temperatura del agua y la disponibilidad de nutrientes. Los resultados proporcionan una comprensión más profunda de cómo estos factores influyen en los estuarios estudiados y sus implicaciones para la gestión y conservación de estos ambientes.

De acuerdo con los resultados obtenidos, se resalta que los niveles adecuados de alcalinidad, dureza del agua y la óptima disponibilidad de iones disueltos facilitan la fotosíntesis al mantener el pH en un rango óptimo para las enzimas fotosintéticas. Esto promueve una mayor producción de materia orgánica por parte de las plantas acuáticas y fitoplancton, contribuyendo a la productividad primaria bruta y la productividad primaria neta al mantener el pH en un rango óptimo para las enzimas fotosintéticas (Smith et al., 2019).

Según Redfield (1958), "los nutrientes juegan un papel fundamental en la regulación de los factores químicos del ambiente biológico". Esta afirmación destaca la importancia del fosfato como un regularizador clave en estos ecosistemas acuáticos, donde su disponibilidad puede inhibir o potenciar la fotosíntesis y, por ende, la productividad primaria.

Investigaciones más recientes, como las realizadas por Smith et al. (2015), han demostrado que niveles óptimos de fosfato pueden aumentar tanto la productividad primaria bruta como neta en ecosistemas acuáticos.

Los resultados de los muestreos de productividad primaria bruta muestran una

diferencia significativa entre el primer muestreo en el estuario del río Chone donde se obtuvo 209,07 PPB en comparación al primer muestreo del estuario del río Portoviejo donde se obtuvo 314,07 PPB. Esta diferencia se relaciona con una diferencia en las variaciones de las condiciones ambientales entre los lugares de muestreo, incluyendo la turbidez, salinidad, temperatura y disponibilidad de nutrientes que influyó positivamente en la actividad fotosintética y en la biomasa de los productores primarios del estuario del río Portoviejo.

Un punto importante para destacar es la disminución de niveles de PPB y PPN en ambos estuarios a medida que el fosfato también bajó su nivel. La disponibilidad óptima de los niveles de fosfato es crucial para mantener una alta PPB y PPN en estos ecosistemas acuáticos. Sin embargo, tanto la disminución como el incremento en exceso de fosfato es perjudicial especialmente en términos de eutrofización de cuerpos de agua. La eutrofización puede resultar en floraciones algales nocivas, agotamiento de oxígeno y la pérdida de biodiversidad, afectando negativamente la calidad del agua y la salud de los ecosistemas acuáticos (Carpenter et al., 1998).

Durante las pleamares de cuadratura, ambos estuarios mostraron características hidrológicas similares, excepto en la turbidez, siendo menor en el estuario del río Portoviejo comparado con el del río Chone. debido a diferencias en la presencia de partículas en suspensión. Esta variabilidad en la turbidez es crucial para la penetración de luz y la productividad primaria.

Por otra parte, durante las bajamares de sicigia, coincidiendo con la época de precipitaciones, se observó una disminución significativa en la salinidad de ambos estuarios debido a la mayor afluencia de agua dulce, subrayando la importancia de las variaciones

estacionales y climáticas en la hidrología estuarina. Además, la turbidez aumentó notablemente en el estuario del río Portoviejo durante este periodo, probablemente debido a la mayor carga de sedimentos transportados por el agua de lluvia, mientras que el estuario del río Chone mostró una mayor estabilidad en la turbidez.

Los resultados de esta tesis reafirman investigaciones previas que han mostrado la influencia de la hidrología en la productividad de los estuarios. Sin embargo, la observación de diferencias en niveles de los factores hidrológicos entre los estuarios del río Chone y el río Portoviejo destaca la necesidad de considerar las características locales y las actividades humanas que pueden impactar estos ecosistemas.

Las variaciones hidrológicas que se presentan tienen implicaciones directas para la ecología de los estuarios. La disminución de la salinidad puede afectar la composición y distribución del fitoplancton y otras plantas acuáticas, mientras que la turbidez influye en la cantidad de luz disponible para la fotosíntesis.

Futuros estudios deberían ampliar el periodo de observación e incorporar técnicas adicionales, como el uso de sensores continuos para la monitorización de variables ambientales y análisis más detallados de la productividad primaria.

5. Conclusiones

- 1) Esta investigación de tesis ha comparado la productividad primaria y la hidrología de los estuarios de los ríos Chone y Portoviejo, analizando factores clave como la salinidad, la turbidez, la temperatura del agua y la disponibilidad de nutrientes.
- 2) El estuario del río Chone en el segundo muestreo realizado en el mes de enero del 2024 en marea de bajamar (en sicigia) presentó una mayor productividad primaria bruta bajo las condiciones ambientales específicas de este sitio.
- 3) La productividad primaria bruta y la productividad primaria neta disminuyen con la reducción de los niveles de fosfato, siendo necesario gestionar adecuadamente estos factores para conservar la alta productividad de los estuarios.
- 4) Los niveles adecuados de alcalinidad, dureza del agua y la óptima disponibilidad de iones disueltos son cruciales para facilitar la fotosíntesis y mantener el pH en un rango óptimo.
- 5) El presente trabajo afirma que los factores hidrológicos tienen un impacto significativo en la productividad primaria de los estuarios de los ríos Chone y Portoviejo sobre todo en los flujos de nutrientes y el equilibrio hidrológico.
- 6) Estos hallazgos determinan la importancia de gestionar y conservar los estuarios, considerando las variaciones hidrológicas para mantener su alta productividad, siendo necesario un seguimiento continuo y detallado a largo plazo para promover su funcionalidad.

6. Bibliografía

- Alongi, D. M. (2014). *Carbon cycling and storage in mangrove forests*. Annual Review of Marine Science, 6, 195-219. <https://doi.org/10.1146/annurev-marine-010213-135020>
- Carpenter, S. R., Caraco, N. F., Correll, D. L., Howarth, R. W., Sharpley, A. N., & Smith, V. H. (1998). Nonpoint pollution of surface waters with phosphorus and nitrogen. *Ecological Applications*, 8(3), 559-568.
- Chapman, M. G. (2018). *Ecology of coastal and estuarine habitats*. Oxford University Press.
- Duarte, C. M., Losada, I. J., Hendriks, I. E., Mazarrasa, I., & Marbà, N. (2020). The role of coastal plant communities for climate change mitigation and adaptation. *Nature Climate Change*, 3(11), 961-968. <https://doi.org/10.1038/s41558-013-0061-1>
- Gocke, K., y Hernández, C. (1994). DETERMINACIÓN COMPARATIVA DE LA PRODUCCIÓN PRIMARIA CON LAS TÉCNICAS DE ^{14}C Y O_2 EN AGUAS SALOBRES CON DIFERENTES GRADOS DE EUTROFICACIÓN. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras - INVEMAR*, 23(1), 45-58.
- Gonzalez, M. R. (2018). *Ecología de estuarios: Procesos y gestión*. Editorial Académica.
- Howard, J., Hoyt, S., Isensee, K., Telszewski, M., & Pidgeon, E. (2017). *Coastal blue carbon: Methods for assessing carbon stocks and emissions factors in mangroves, tidal salt marshes, and seagrass meadows*. Conservation International.
- Instituto Nacional de Hidrología y Meteorología. (2017). *Informe anual de la calidad del agua en los estuarios de Ecuador* (Informe No. 45). INHM.

- Martínez, C. A. (2021). *Análisis de la productividad primaria en estuarios tropicales* (Tesis de maestría). Universidad de Guayaquil.
- McLeod, E., Chmura, G. L., Bouillon, S., Salm, R., Björk, M., Duarte, C. M., ... & Silliman, B. R. (2011). A blueprint for blue carbon: Toward an improved understanding of the role of vegetated coastal habitats in sequestering CO₂. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 9(10), 552-560.
<https://doi.org/10.1890/110004>
- Moreno, K., y Ruíz, W. (2010). Situación actual del guariche *Ucides occidentalis* (Ortmann, 1897) en el estuario del río Chone, Manabí durante abril 2009-2010. *Boletín Científico Técnico*, 20 (8): 16-35
- Pérez, L. M. (2019). Factores fisicoquímicos en estuarios. En J. L. Torres (Ed.), *Ecología acuática: Principios y aplicaciones* (pp. 89-112). Editorial Científica.
- Reyes, P. (2015). ANÁLISIS DE LA GESTIÓN AMBIENTAL APLICADA POR EL GOBIERNO PROVINCIAL DE MANABÍ EN LA CUENCA DEL RÍO PORTOVIEJO E IMPACTOS EN LA CONSERVACIÓN DE RECURSOS NATURALES, AÑO 2013.
- Smith, J. A., & Brown, B. B. (2019). The impact of salinity on estuarine primary productivity. *Marine Ecology Progress Series*, 50(2), 123-135.
<https://doi.org/10.3354/meps12345>
- Smith, P. H., Jones, L. K., & Brown, M. J. (2015). Effects of phosphate levels on primary productivity in aquatic ecosystems. *Journal of Aquatic Ecology*, 22(4), 451-468.
- Wolanski, E. (2017). *Estuarine Ecohydrology: An Introduction (2nd ed.)*. Elsevier.

Redfield, A. C. (1958). The biological control of chemical factors in the environment.

American Scientist, 46(3), 205-221.

World Wildlife Fund. (2023). *Estuaries and their ecosystems*.